

A study on the development of jewelry design based on the diamond crystal structure

Eunju Park, Soi Moon* and Jeongwon Seok**,[†]

Graduate School of Gemological Engineering, Dongshin University, Naju 58245, Korea

*Soi Gallery, Naju 58257, Korea

**Department of Battery Engineering, Dongshin University, Naju 58245, Korea

(Received August 7, 2023)

(Revised August 14, 2023)

(Accepted August 18, 2023)

Abstract The meaning of the diamond crystal structure and the formative beauty of the crystal form were designed from a new perspective and expressed in jewelry. In this study, we examined the literature on the crystal structure of diamonds and analyzed cases of jewelry design based on the formative characteristics of diamond crystal structure. We newly interpreted the meaning and value of diamond crystal structure, and studied the figurative design that can show the aesthetic effect of the crystal structure by designing the diamond crystal structure as jewelry. By presenting jewelry designs that take advantage of the symmetry effect of the diamond crystal structure and the repetition of the sculptural beauty, we hope that the fundamental beauty and cultural meaning of gemstones will be re-recognized.

Key words Diamond crystal structure, Crystal form, Formative beauty, Jewelry design

다이아몬드 결정구조를 모티브한 주얼리 디자인 개발에 관한 연구

박은주, 문소이*, 석정원**,[†]

동신대학교 대학원 보석공학과, 나주, 58245

*소이갤러리, 나주, 58257

**동신대학교 배터리공학과, 나주, 58245

(2023년 8월 7일 접수)

(2023년 8월 14일 심사완료)

(2023년 8월 18일 게재확정)

요약 다이아몬드 결정구조가 갖는 의미와 결정형태의 조형적 아름다움을 새로운 관점에서 디자인하여 주얼리로 표현하고자 하였다. 본 연구에서는 다이아몬드의 결정구조에 대한 문헌 조사와 다이아몬드 결정구조의 조형적 특징을 모티브로 한 주얼리 디자인 사례를 분석하였다. 다이아몬드 결정구조의 의미와 가치를 새롭게 해석하고, 다이아몬드의 결정구조를 주얼리로 디자인함으로써 결정구조가 갖는 미적 효과를 나타낼 수 있는 조형적 디자인을 연구하였다. 다이아몬드 결정구조가 주는 대칭의 효과와 조형미가 주는 반복의 특징을 살려 주얼리 디자인을 제시함으로써 보석이 주는 근원적인 아름다움, 문화적 의미가 새롭게 재인식되길 기대해 본다.

1. 서론

다이아몬드는 물리적, 화학적, 광학적으로 뛰어난 가치를 지닌 물질이며, 순수한 결정체인 다이아몬드는 희소성을 지닌다. 다이아몬드는 그 상징성으로 인해 사파이어, 루비, 에메랄드 등 다른 유색 보석들에 비해 현재까

지도 더 사랑받고 있다. 또한, 기존의 고온고압(HTHP) 방식이 아닌 CVD를 이용한 다이아몬드 합성에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있으며[1], 세계 주요 합성 다이아몬드 생산업체에서 막대하게 많은 양의 랩그로운 다이아몬드를 생산하고 있다. 다이아몬드 결정구조는 높은 대칭성을 가지며 연마된 다이아몬드는 높은 투명도, 굴절률, 산란도를 가져 다른 보석들과 비교해 더 아름다운 브릴리언시(Brilliance), 신틸레이션(Scintillation) 및 파이어(Fire)를 나타냄으로 많은 사람들이 소유하고 싶어

[†]Corresponding author
E-mail: jwseok@dsu.ac.kr

하는 보석이라 할 수 있다[2]. 본 연구는 현대인들이 자신을 표현하는 장신구로서의 다이아몬드 결정구조를 모티브로 한 주얼리 디자인을 제안하고자 한다.

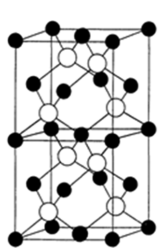
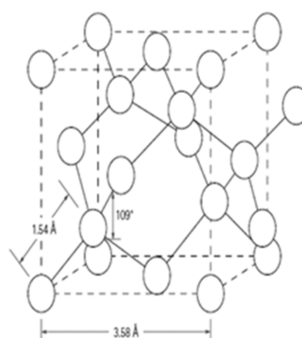
1.1. 다이아몬드 결정구조

다이아몬드는 탄소 원자들로만 구성되어 있다. 다이아몬드는 $Fd\bar{3}m$ 공간군(No. 227)으로 분류되며, 결정계는 등축정계, 브라바이스 격자는 FCC이다. 공간군의 단위포에는 FCC 단위포의 격자점들과 함께 FCC 격자점을

$1/4\vec{a}_1 + 1/4\vec{a}_2 + 1/4\vec{a}_3$ 병진조작 하여 새로운 탄소 원자 4개가 추가되어 $Fd\bar{3}m$ 단위포가 만들어 진다. 즉 다이아몬드 결정의 단위포에는 탄소가 모서리에 1개, 면심에 3개, 단위포 내부에 4개가 존재하여 모두 8개의 탄소 원자가 존재한다. 또한 다이아몬드에서 C-C 결합길이는 1.54 Å, 결합 각도는 109.5°이며, 단위포 한변의 길이는 3.56 Å이다. Table 1은 다이아몬드 결정구조에 관한 설명이다.

Figure 1은 등축정계 결정에서 결정축에 대한 결정면의 위치에 대한 설명이다. 다이아몬드에서 (a)의 경우는 {100}면들이 발달하여 정육면체를 이루는 경우이며, (b)

Table 1
Diamond crystal structure [3]

Carbon Array Formats	The number of atoms	Carbon bond length
	8 corners ($\frac{1}{8} \times 8$), ($\frac{1}{2} \times 6$), 4	
	The six centers of each side	
	4 in FCC structure	

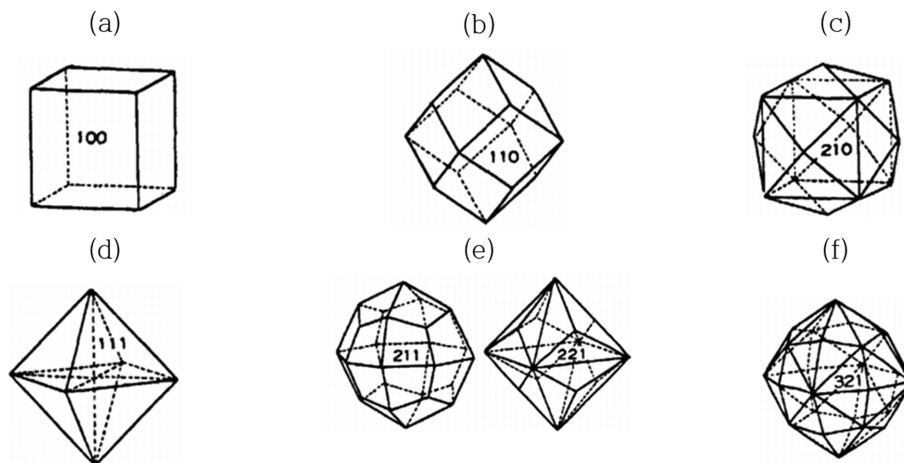


Fig. 1. Position of crystal plane with respect to crystal axis in isometric crystal determination [5].

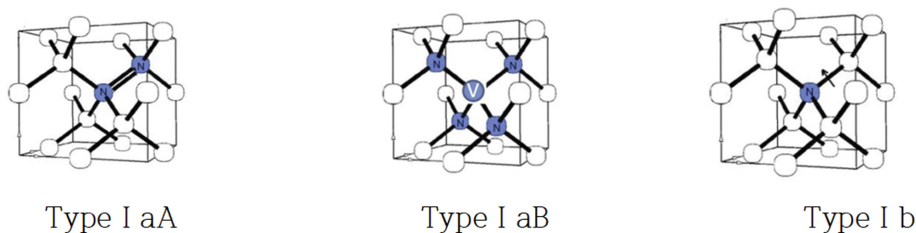

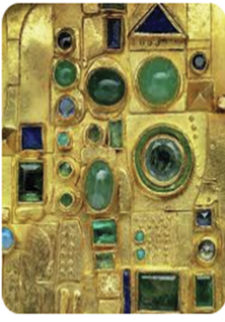
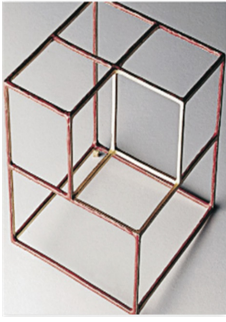



Fig. 2. Diamond I Type.

Table 2
Design with crystal structure and crystallization case [8]

Artist	Eleanor Moty	Hermann Jünger	Fransesco Pavan	Giampaolo Babetto
Image				
	https://jmcveighjewelry.com	https://www.metmuseum.org	http://www.galeri-slavik.com	https://www.caterinatognon.com
Title	Skyline” Brooch, 2022	Gift of Donna Schneier, 2007		Collana
Materials	Sterling silver, 18k-gold, rutilated quartz	18K gold, emeralds, chrysoprase, sapphires, opals, lapis lazuli, and enamel	red gold 875 enamel red	gold, pigment
Item	brooch	brooch	brooch	necklace

는 {110}면이, (c)는 {210}면들이 발달한 경우이다. 그리고 (d)는 {111}, (e)는 {211} 또는 {221}면들이, (f)는 {321}면들이 발달했을 때 나타나는 형태들이다[4].

다이아몬드는 결정이 생성될 당시의 환경에 의해 아주 미량의 다른 원소들이 포함될 수 있다[6]. 어떤 불순물을 포함하는지에 따라 Type I, Type II로 분류된다. Figure 2는 다이아몬드 I Type에 대한 설명이다. 질소(nitrogen)가 다이아몬드 내에 단독으로 존재하게 되면 Type Ib, 2개의 질소가 이웃하여 존재하면 Type IaA, 4개의 B aggregate center 그룹으로 존재할 경우 Type IaB로 구분하며, 질소가 없거나 매우 미량 포함되어 있을 때 Type II로 분류한다. Type II 다이아몬드 중 붕소가 함유할 경우는 Type IIb로 분류한다.

1.2. 보석의 결정구조를 적용한 디자인 사례 분석

미국의 장신구 작가 엘레노어 모티(Eleanor Moty)는 큰 침수정(rutilated quartz)원석을 사용하여 브로치를 디자인하였다. 독일 태생의 금속공예가인 헤르만 뵐어(Herman Junger)는 보석디자이너로서 골드, 에메랄드, 크리소프레이즈, 사파이어, 오팔, 라피스 라줄리의 원석을 가공한 장신구를 디자인하였다. 엘헤르만 뵐어(Hermann Jünger)의 작품은 단순 보석을 접합하여 기하학적으로 표현한 것이다, 파반 프란세스코(Fransesco Pavan)은 육면체의 선을 안정감 살려 간결한 조형미를 주었으며, 세련된 금속과 에나멜(enamel)을 사용하여 외관에 컬러와 광택감

을 나타냈다. 장파울로우 버베토우(Giampaolo Babetto)의 작품은 금(18K)과 안료(pigmento)를 사용하여 색을 입혀 주얼리를 디자인하였다. 단순하고 간결한 디자인은 원석의 견고함을 돋보이게 해준다. 단순화되고 수학적 계산으로 인하여 자연물의 사고 전환을 거쳐 이루어진 기하학적 형태는 자연물을 은유적으로 표현하며, 이러한 기하학적 형태는 장식성을 배제한 단순화된 형태로, 형태의 대상에 대하여 설명하는 객관성이 부족할 수 있으나, 단순화되고 간결함 속에서 함축된 의미나 작가의 이념적 정신을 반영할 수 있는 것이다[7]. Table 2는 결정 구조와 결정화를 적용한 주얼리 디자인한 사례이다.

2. 연구 방법

연구 방법은 다음과 같다. 첫째, 다이아몬드의 결합 형태와 다이아몬드의 특성을 조사 하였다. 둘째, 다이아몬드의 결정구조의 조형적 특징과 결정들의 의미와 가치를 새롭게 해석한 디자인 사례를 분석하였다. 셋째, 다이아몬드의 결정구조를 모티브로 한 주얼리 디자인을 통해 결정구조가 가질 수 있는 자유롭고 율동성 있는 여러 형태의 주얼리 디자인을 제안하였다. 작품의 연구 과정에서 이러한 다이아몬드를 결정구조로 표현하고 다이아몬드의 결정구조가 가지고 있는 특징을 반복적으로 연결하거나 강조하여 표현하였다. 본 연구는 다이아몬드 결정 구조를 모티브로 한 주얼리 디자인 개발에 있어 새로운

접근 방식과 하나의 유닛이 다양한 변형과 기하학적 형태의 결합을 통해 새로운 가능성을 조립하는 디자인 프로세스를 제시하는 데 그 의의가 있다.

3. 연구 결과 및 고찰

3.1. 다이아몬드 결정구조의 조형적 특성

다이아몬드는 탄소원자들 간의 공유결합으로 형성되며 각각의 결정면의 성장 속도에 따라 삼각형, 사면체형, 팔면체상, 육면체상의 결합다면체 결정구조를 가진다. 본 연구에서는 다이아몬드 결정구조의 대칭축, 대칭면, 대칭심을 기준으로 반복, 대칭, 균형, 통일성, 율동성, 방향성을 달리 하는 조형 방법을 적용하였다. 단순한 형태로 디자인하여 연마된 다이아몬드를 세팅함으로 아름다움을 표현하였다. Figure 3은 다이아몬드의 결정 구조의 기본 모티브이다. (a)는 탄소 주위에 SP^3 혼성화로 만들어진 4개 탄소가 결합하여 형성된 정사면체 형태를 첫 번째 유닛으로, (b)는 정사면체가 꼭지점을 공유하여 형성된 다이아몬드 결정의 단위포를 두 번째 유닛으로, (c)는 다이아몬드 구조에서 [001] 방향에서의 평면도를 세 번째 유닛으로 만든 것이다.

다이아몬드의 기본 유닛을 활용한 디자인은 그것의 성질과 개성이 각기 다를 수도 있으며, 같을 수도 있다. 또한, 상호적일 수 있으며 비상호적일 수 있다. 이러한 유닛들은 작가의 철학적 또는 개성적 내용을 내포시킴으로써 반복과 대칭을 통하여 결합체를 만들 수 있다. 이

러한 행위를 함으로서 조형적인 형태를 한 개 혹은 여러 개로 구성하여 하나의 단위가 되는 유닛을 응용함으로써 전체적인 조형을 자유롭게 변형시킬 수 있다[9].

다이아몬드의 결정구조의 조형적 특징은 Table 3과 같다. 첫째, 통일성(unity)이다. 형태를 구성하는 전체와 부분 간의 유기적인 조화를 의미하며, 통일성은 하나의 규칙에 가깝고 통일성을 가질 때, 조화적 형태들, 선들, 그리고 질감들이 공통적 속성들을 가진다. 둘째, 균형(balance)이다. 대칭과 비대칭 그리고 비례로 인식될 수 있다. 대칭(symmetry)은 선대칭, 면대칭, 평행으로 그대로 이동시켜 만들어지는 평행 대칭, 그리고 거울에 비친 이미지인 좌우 대칭과 형태를 정비례로 확대, 축소 시킨 유사 대칭 등이 대칭의 형태를 얻는 방법들이다. 비대칭(asymmetry) 또는 부정형의 균형이 가지고 있는 다양성은 정형화된 균형보다 훨씬 매력적이다.

셋째는 율동성(rhythm)이다. 반복(repetition) 대상이 의미 내용을 강조하는 수단으로써 사용되기도 해서 대상의 표현이나 묘사를 변화시키는 일이 많다. 반복이 주는 조형미는 안정감 있는 디자인을 만들어 낸다.

넷째는 방향성(direction)이다. 모든 선은 방향을 가진다. 수평 방향은 중력과 잘 조화되는 것으로 고요하고 수동적이며 안정된 느낌을 준다. 수직 방향은 평형, 균형을 암시하며 수직선은 윗 방향으로 솟는 느낌을 준다. 사선 방향이나 대각선 방향은 변화적이며 역동적이다. 평면들을 겹쳐놓게 되면, 수직면은 앞·뒤의 면이 되고, 수평면은 위·아래의 면이 된다. 마지막으로 위치(location)로 점, 선, 면, 격자로 위치가 완성된다.

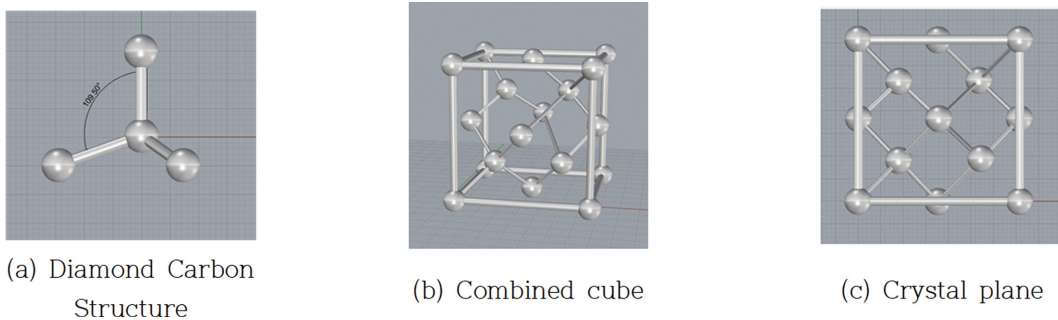


Fig. 3. Formative features of diamond.

Table 3
Explanation of design formative features

Formative feature	Content
Unity	The whole and the part with organic harmony, a repeated line, Texture uniformity
Balance	Symmetry, balance of asymmetric ratios
Rhythm	Stability of repetitive rhythm
Direction	The direction of a dynamic line
Rhythm	Stability of repetitive rhythm
Location	A face, a vertex, etc combining border positions

3.2. 주얼리 디자인 및 결과

본 연구에서는 다이아몬드 결정구조의 완벽한 아름다움을 대칭, 반복, 통일성, 반복에 의한 율동성 등 조형적 특징을 분석하고 명확하고 효과적으로 전달하기 위해 디자인을 전개하였다. 또한 다이아몬드를 구성하고 있는 1차원적인 탄소 원소의 배열에서부터 선과 면, 3차원 입체 공간까지 형태와 위치, 방향을 변화하면서 다양한 형태로 디자인 과정을 진행하였다.

본 연구에서 제안한 디자인은 우리에게 익숙한 다이아몬드가 매우 규칙적인 결정구조를 가지고 있다는 또 다른 모티브로 접근할 때 소비자의 호기심을 자극할 수 있으며, 다이아몬드의 결정구조가 가지는 입체적인 모습을 최대한 나타내려 하였다.

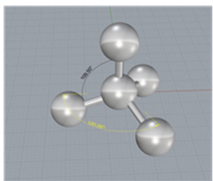
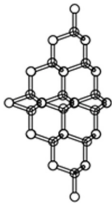
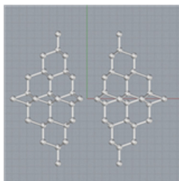
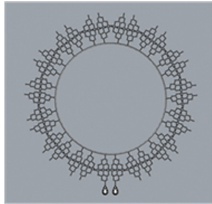
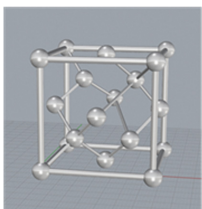
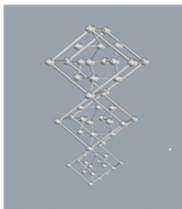
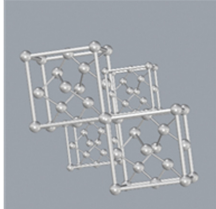

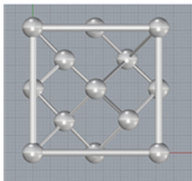
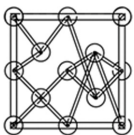
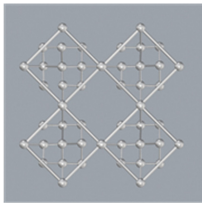
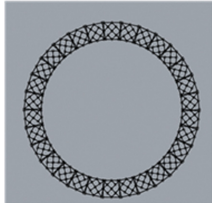
또한 다이아몬드의 탄소 원자들 간의 공유결합방식과 결정구조가 가지는 대칭요소를 따라 반복적인 구성을 진행하였다. 다이아몬드의 결정구조를 주얼리로 디자인함으로써 결정구조가 갖는 미적 효과를 최대한 아름답고 단순, 교차, 진행형으로 반복되어 시각적으로 통일감을 주고 리듬감을 표현하고자 하였다. 전체적은 컨셉은 탄소 구조, 다이아몬드 구조의 절제된 기하학적 이미지의

조형성을 살리기 위해 사실적인 2D, 3D의 크기 변화, 높낮이, 방향성, 대칭, 비대칭 등 면과 선제, 공간의 반복 구성을 주로 사용하였다.

Table 4는 주얼리 디자인 전개 과정으로 다이아몬드 결정구조 모티브의 형태적 분석과 작품의 디자인 과정을 표로 나타냈다. 작품 1은 4배위 구조를 모티브로 하여 제작한 디자인으로서 탄소 구조를 배열하고 배열된 디자인을 먼저 상하 대칭 후 하나의 유닛을 만들고 좌우 대칭, 비대칭을 하여 하나의 패턴을 완성하였다. 완성된 패턴은 원형으로 배열하여 목걸이 디자인을 제안하였으며, 물방울 형태의 다이아몬드와 조화를 이뤄 귀걸이로 디자인을 제안하였다. 작품 2는 다이아몬드 단위포를 모티브로 하여 크기가 같은 4면체 유닛 구조의 단위포를 공유하여 위치를 잡고 다이아몬드 단위포의 크기 비율을 달리한 유닛을 만들어 꼭짓점과 면의 대칭으로 패턴을 반복하여 목걸이 디자인을 제안하였다. 작품 3은 다이아몬드 단위포를 (001) 면으로 보았을 때 각 면을 사방으로 대칭시켜 브로치의 느낌으로 작업하였다. 최종 디자인은 유닛의 단순 반복에 의한 목걸이로 제안하였다.

Figure 4는 디자인 제안 1의 결과이다. 다이아몬드의 결정에서 4배위인 탄소 구조를 모티브로한 유닛을 반복,

Table 4
Design process

	Motif	Design process		
Work 1				
	Unity, asymmetry, symmetry, repetition, rhythm			
Work 2				
	Unity, symmetry, balance to scale, repetition			
Work 3				
	Unity, location, repetition, rhythm			

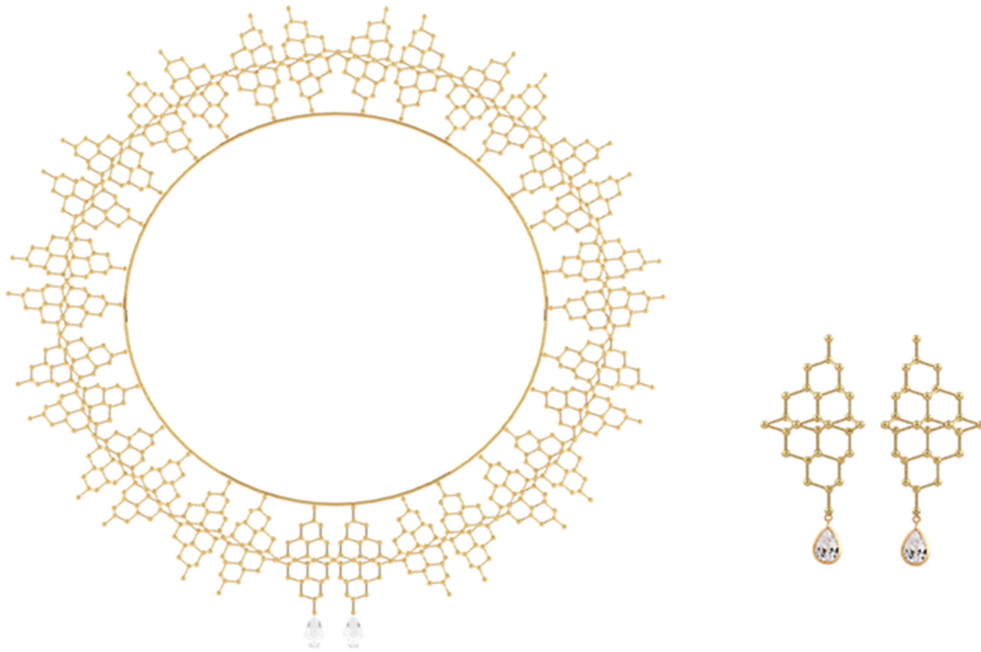


Fig. 4. Design suggestion 1.

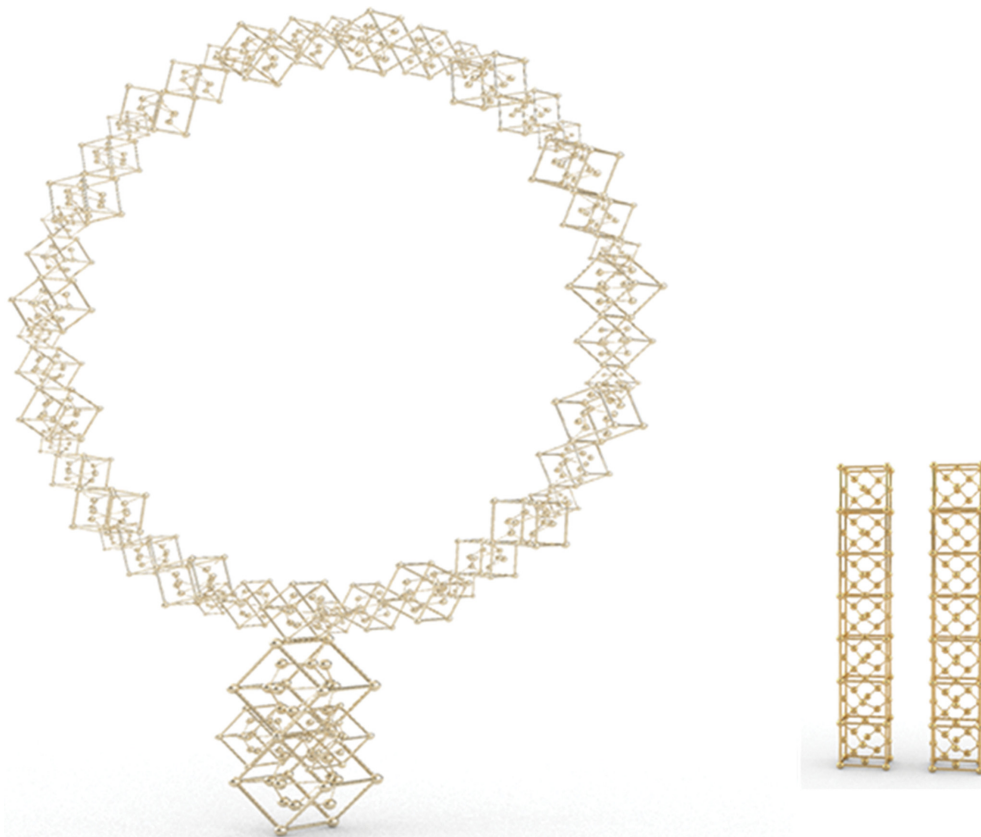


Fig. 5. Design suggestion 2.

대칭, 비대칭으로 배열하여 3차원 입체 공간까지 연결된 목걸이로 완성하였다. 물방울 모양의 다이아몬드와 연결하여 기하학적이면서도 클래식한 아름다움을 표현하고자

하였다. Figure 5는 디자인 제안 2의 결과이다. 다이아몬드 단위포의 크기의 변화를 통해 움직이는 것 같은 율동성을 강조한 목걸이 디자인을 제안하였다. 디자인 제

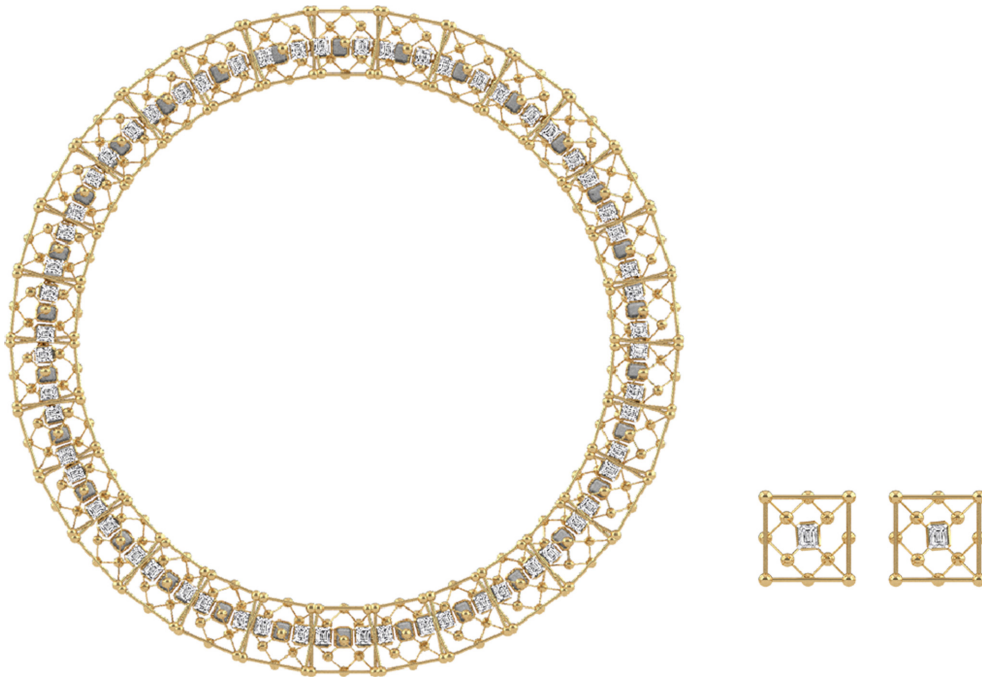


Fig. 6. Design suggestion 3.

안 2의 귀걸이는 육면체 단위포의 배열을 통해서 흔들림 없이 솟아오르는 단단하고 규칙성을 가진 아름다운 귀걸이로 완성하였다. Figure 6의 디자인 제안 3은 다이아몬드 결정면의 단순 반복이 주는 조형미와 에메랄드 컷 다이아몬드와의 조화를 통해서 안정감 있는 디자인을 제안하고자 하였다. 육면체 안에 다이아몬드 평면 구조를 배치하고 원형으로 배열 함으로써 목걸이의 형태를 완성하고, 그 안에 에메랄드 컷 다이아몬드를 세팅함으로써 기하학적이면서도 구조적 특성을 강조한 목걸이와 귀걸이 세트로 완성하였다.

4. 결 론

기존의 주얼리 디자인은 원석 자체의 아름다움에 장식을 접목하여 디자인한 사례들이 전부였다. 본 연구에서는 다이아몬드 결정형태가 갖는 변하지 않는 형태성과 규칙성이 주는 단순한 아름다움이 가장 근원적인 아름다움을 표현하고자 하였다. 다이아몬드 결정의 결합이 기하학적인 방법과 더불어 다른 조형적 방법으로 형상화하는 데 탐구할 필요가 있다고 본다. 유닛을 조합하는 방법과 배열에 따른 형상의 규칙성은 다이아몬드의 결정구조의 조형적 특징에 따라 표현하였다. 한 요소를 반복함으로써 선의 방향성, 면의 방향성, 공간의 울동성을 나타냈으며, 통일성은 디자인에서 전하고자 하는 이야기를 명확하고 효과적으로 전달하기 위한 가장 최소 단위이다. 다이아몬드뿐만 아니라 보석의 결정구조를 모티브로 한

다양한 주얼리 디자인 개발이 지속적으로 연구되어 보석의 원초적 아름다움을 표현한 다양한 주얼리로 주얼리 산업의 발전에 이바지할 수 있길 기대한다.

References

- [1] G.Y. Kim, "The Structure and thermoluminescence Characteristics of CVD diamond film", (Graduate School of Yonsei University, Seoul, 2001) p. 4.
- [2] J.D. Lee, "Jewelry and gemology", Y.Y. Lee (Duyang Publishing Company, Seoul, 2003) p. 353.
- [3] S.J. Kim, "Mineral Science", J.S. Baek (Woosung Publishing Company, Seoul, 2001) p. 129.
- [4] J.K. Jung and C.Y. Kim, "Lattice vibration in diamond structure", Paper Collection of the Institute of Basic Science 7 (1993) 39.
- [5] D.H. Choi, "A study on the processing method of diamond rough according to its shapes", (Graduate School of Dongshin University, Naju, 2003) p. 10.
- [6] N.D. Uoon, "A study on the improvement plan for distribution and appraisal status of gemstone diamond", (Graduate School of Industry, University of Seoul, 2007) p. 6.
- [7] S.W. Han, "Three-dimensional modeling", H.P. Kim (Mejin. Publishing Company, Seoul, 2001) p. 86.
- [8] K.J. Kim, "A study on jewelry design based on form of natural gem minerals", (Graduate School of Technology Design, Kookmin University, Seoul, 2013) p. 25.
- [9] S.M. An, "A study on the ceramic light design through geometrical unit", (Sangmyung University, Seoul, 2009) p. 18.